

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード <sup>*</sup> (参考)
G 0 1 T 1/20		G 0 1 T 1/20	B 2 G 0 8 8 C 4 C 0 6 6
A 6 1 M 5/00	3 3 0	A 6 1 M 5/00	3 3 0 4 C 0 8 2
A 6 1 N 5/10		A 6 1 N 5/10	Q
G 0 1 T 1/203		G 0 1 T 1/203	
審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 8 頁)			

(21) 出願番号 特願2001-145297(P2001-145297)

(22) 出願日 平成13年5月15日 (2001. 5. 15)

(71) 出願人 000002107

住友重機械工業株式会社

東京都品川区北品川五丁目9番11号

(71) 出願人 594118958

株式会社ユニバーサル技研

神奈川県小田原市前川66番地4号

(72) 発明者 田中 明

東京都品川区北品川五丁目9番11号 住友

重機械工業株式会社内

(74) 代理人 100080458

弁理士 高矢 諭 (外2名)

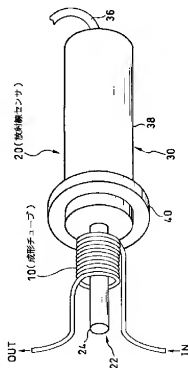
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 放射線検出器

(57) 【要約】

【課題】 可動型の放射性薬剤自動投与装置等、設置スペースや重量に制限がある場所に用いる小型高精度の放射線検出器を提供する。

【解決手段】 測定対象が流通される、形状が固定された成形チューブ10と、該成形チューブ10と13内を流通する測定対象から放出される放射線を検出する放射線検出手段とを備える。



#### 【特許請求の範囲】

【請求項1】測定対象が流通される、形状が固定された成形チューブと、  
該成形チューブ内を流通する測定対象から放出される放射線を検出する放射線検出手段と、  
を備えたことを特徴とする放射線検出器。

【請求項2】前記成形チューブがコイル状に成形され、前記放射線検出手段が、該コイルの内側に放出される放射線を検知するようにされていることを特徴とする請求項1に記載の放射線検出器。

【請求項3】前記成形チューブが渦巻状に成形され、前記放射線検出手段が、該渦巻の片側又は両側に放出される放射線を検知するようにされていることを特徴とする請求項1に記載の放射線検出器。

【請求項4】前記成形チューブがコーン状に成形され、前記放射線検出手段が、該コーンの内側に放出される放射線を検知するようにされていることを特徴とする請求項1に記載の放射線検出器。

【請求項5】前記放射線検出手段が、前記成形チューブの近傍に配設されるシンチレータと、放射線により該シンチレータで発生した光を増倍する光電子増倍管を含むことを特徴とする請求項1乃至4のいずれかに記載の放射線検出器。

【請求項6】前記シンチレータと光電子増倍管の間に導光体が配設されていることを特徴とする請求項5に記載の放射線検出器。

【請求項7】前記成形チューブを外部から遮蔽するための遮蔽手段が設けられていることを特徴とする請求項1乃至6のいずれかに記載の放射線検出器。

【請求項8】前記遮蔽手段が、前記成形チューブの位置決めも行いうようにされていることを特徴とする請求項7に記載の放射線検出器。

【請求項9】請求項1乃至8のいずれかに記載の放射線検出器を含み、放射線検出時に、測定対象が、常に前記成形チューブ内の同じ位置に停止するようにされていることを特徴とする放射線自動測定装置。

【請求項10】請求項9に記載の放射線自動測定装置を含む放射性薬剤自動投与装置。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、放射線検出器に係り、特に、可動型の放射性薬剤自動投与装置等、設置スペースや重量に制限がある場所に用いるのに好適な、小型高精度の放射線検出器に関する。

##### 【0002】

【従来の技術】病院で被検者に投与する短寿命核種としては、 $^{201}\text{Tl}$ や $^{131}\text{I}$ 等のシングルフォトン核種、あるいは、 $^{18}\text{F}$ や $^{15}\text{O}$ 等のポジトロン核種が用いられる。これらの核種は、一般に、崩壊に伴って、固有のエネルギーを持つ $\gamma$ 線を、全空間に均等に放出する。放射線検出器

は、このエネルギーを、計数装置と増幅器を用いて計測し、放射線の種類やエネルギー等の情報を与えることによって、核種に応じた放射線量を計測する。この際、検出器に対する核種の位置関係、及び、その核種が液体中にある場合には、容器の材質や厚みによって計測値が影響される。

【0003】液体を測定する検出器は、一般に、電離箱やシンチレータ（ $\text{NaI}$ 等）からなる井戸型検出器を配置し、その内部に容器を入れ、容器からの外周放射を検出する方法が採られる。この方法では、外部への遮蔽とノイズを防ぐために、検出器そのものが、かなりの厚みを持っている上、その外周に、かなりの厚みの遮蔽を必要とする。

【0004】この装置で測定される放射性液体は、チューブ内やシリンジ（注射筒）内に存在しており、この放射線を測定するには、一般に次の方法がある。

【0005】（1）シリンジを前記の井戸型検出器に挿入して測定する。

【0006】（2）チューブ内の放射性液体の動きを停止させ、その液体をチューブごと井戸型検出器に挿入して測定する。

【0007】（3）チューブ流路の一部に放射線検出器を取り付け、チューブ内を通過する放射性液体の速度を一定にすることによって、計数値を積分することで、放射線量を得る。

##### 【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、井戸型検出器の場合、（1）のように、定められた形状のものを測定する場合には、正確に測定することができるが、

（2）に示す、形状が毎回変わるチューブ内の放射線量を測定する場合には、検出器内部におけるチューブの位置や状態が同じでないため、正確に測定することが困難である。又、（3）の方法は、液体を停止した状態で測定できない上、液体の移送速度によって計測値が異なる等、使用法に制約が生じる等の問題点を有していた。

【0009】本発明は、前記従来の問題点を解消するべくなされたもので、チューブ内の放射性液体の放射線量を測定する際に、井戸型検出器と同レベルの正確性を保ち、且つ、コストも、軽量、簡易、安価な放射線検出器を提供することを課題とする。

##### 【0010】

【課題を解決するための手段】本発明は、放射線検出器において、測定対象が流通される、形状が固定された成形チューブと、該成形チューブ内を流通する測定対象から放出される放射線を検出する放射線検出手段とを備えることにより、前記課題を解決したものである。

【0011】又、前記成形チューブをコイル状に成形し、前記放射線検出手段により、該コイルの内側に放出される放射線を検知するようにしたものである。

【0012】あるいは、前記チューブを渦巻状に成形

し、前記放射線検出手段により、該渦巻の片側又は両側に放出される放射線を検知するようにしたものである。

【0013】あるいは、前記成形チューブをコーン状に成形し、前記放射線検出手段により、該コーンの内側に放出される放射線を検知するようにしたものである。

【0014】又、前記放射線検出手段が、前記成形チューブの近傍に配設されるシンチレータと、放射線により該シンチレータで発生した光を増倍する光電子増倍管を含むようにしたものである。

【0015】又、前記シンチレータと光電子増倍管の間に導光体を配設して、シンチレータで発生する蛍光の検出効率を高めたものである。

【0016】又、前記チューブを外部から遮蔽するための遮蔽手段を設けて、放射線被曝を防いだものである。

【0017】本発明は、又、前記遮蔽手段が、前記チューブの位置決めも行うようにして、簡単な構成で、正確な測定を繰り返し行えるようにしたものである。

【0018】又、前記放射線検出器を含み、放射線検出時に、測定対象が常に前記成形チューブ内の同じ位置に停止するようにされた放射線自動測定装置を提供するものである。

【0019】又、前記放射線自動測定装置を含む放射性薬剤自動投与装置を提供するものである。

【0020】

【発明の実施の形態】以下図面を参照して、本発明の実施形態を詳細に説明する。

【0021】ここは、主にポジトロン核種の定量に用いるために、511KeVのエネルギーを計測する放射線検出器について説明するが、エネルギーの異なるシングルフォトン核種にも、同様に適用できることは言うまでもない。

【0022】放射線検出器は、通常、目的とするγ線を計測する放射線センサと、該センサが目的としない周囲の線源（ノイズ）を遮断するための遮蔽容器とを備えている。

【0023】本発明の第1実施形態は、図1（成形チューブが測定位置にある時の斜視図）、図2（装置に取り付けた状態の縦断面図）、図3（同じく側面図）、図4（分解斜視図）に示す如く、測定対象が流通される、接着剤により形状がコイル状に固定された成形チューブ10と、該成形チューブ10内を流通する測定対象から放出される放射線を検知する放射線センサ20とから主に構成されている。

【0024】前記成形チューブ10は、予め、例えば接着剤によってコイル状に成形、固定されている。

【0025】前記放射線センサ20は、図5に詳細に示す如く、前記成形チューブ10の内側に配置される、シンチレータ保護用の遮光ケース24、該遮光ケース24内に設けられた、放射線により蛍光を発生する、筒状のプラスチックシンチレータ26、及び、該プラスチック

シンチレータ26の内側に配設された、例えば棒状の透明プラスチックからなる導光体28を含む放射線検出部22と、前記導光体28によって導かれた光を検出するための光電子増倍管32、該光電子増倍管32に高圧を与えると共に、その出力信号を増幅する信号アンプ・高圧電源34、及びケーブル36を含むアンプ部30と、これらを受容するセンサケース38と、放射線センサ20を取付筐体12（図2参照）に固定するための取付フランジ40と、を含んで構成されている。図6において、成形チューブ10内の網かけ部は、測定時に放射性液体が入る部分、同じく空白部は水（食塩水）が入る部分を示す。

【0026】前記放射線センサ20の放射線検出部22は、図2及び図4によく示される如く、筒状で、例えば鉛製の内側遮蔽体42の内側に通され、該内側遮蔽体42の外側に前記成形チューブ10が配置され、該成形チューブ10の外側に、筒状で、例えば鉛製の外側遮蔽体44が配置される。

【0027】前記外側遮蔽体44には、成形チューブ10の挿入深さを規定するためのスリット44Aが形成されている。

【0028】前記成形チューブ10は、放射線検出部22に輪付けのように挿入され、そのスリット44Aは、チューブの出入口として使用される。

【0029】この放射線センサ20においては、図6に示す如く、成形チューブ10内の放射性薬剤（検体と称する）8より全方位に発生した放射線の一部を、プラスチックシンチレータ26により蛍光に変換し、更に、導光体28により光電子増倍管32に導く。ここで、導光体28は、光電子増倍管32の光電変換部（シンチレータ面）32Aとプラスチックシンチレータ26の双方（特に光電子増倍管32）の光屈折に近い透明材質で、プラスチックシンチレータ26と光電子増倍管32を結合している。即ち、導光体28が無い場合には、双方の表面反射により光の利用効率が極端に減少するので、この導光体28によって光と波長を一体化して、これを防止する。

【0030】図6に示すように、プラスチックシンチレータ26上での発光で、光電子増倍管32のシンチレータ面32Aを透過できる角度（透過臨界角）に飛び込む光は僅く一部であり、大半は、反射拡散を繰り返した光を光電変換している。従って、導光体28が無いと、光電子増倍管32のシンチレータ面32Aで反射が起きたり、反射拡散回数も増加し、結果として、検出効率が極端（例えば1/100以下）に低下する。

【0031】前記導光体28の材質は、屈折率が合う透明材であれば、例えば、ガラス、プラスチック、結晶体のいずれを用いてもできる。本実施形態では、加工性の良いプラスチック（アクリル）を使用している。

【0032】又、該導光体28の形状は、光電子増倍管

32のシンチレータ面32Aとプラスチックシンチレータ26の双方の結合面形状で損失がない形状であればよい。本実施形態のように、コイル状に巻いた成形チューブ10を計測する場合には、プラスチックシンチレータ26を円筒にし、双方の距離を均一にして、変換効率を高めることができる。これに伴い、導光体28の形状も円柱にすることができる。

【0033】導光体28により光を導かれた光電子増倍管32は、光入射面であるシンチレータ面32Aで光を電子に変換し、増倍管で増幅して、電気信号として、飛び込んだ光の数及びエネルギーを計測する回路に出力する。

【0034】放射能検出器を用いて、チューブ10内の放射性液体を測定する場合、チューブから検出器までの距離、又は、放射性液体の位置による計数率の変化を考慮する必要がある。従って、放射能量を正確に測定するには、次の条件を満たすことが望まれる。

【0035】(1) 検出器内で測定するチューブの形状が、測定の精度、毎回同じ形状を探ること。

【0036】(2) チューブの形状が固定された場合には、チューブ内で放射性液体の位置が常に同じ位置にあること。

【0037】チューブを本実施形態のように成形しない場合は、例えば、アクリル等の樹脂や硬い紙でチューブを巻く芯を作り、その周囲に隙間無く巻き付けていくという方法が一般的であるが、これには、手間と時間がかかり、使用の都度交換するチューブについて、このような動作を強制させることは現実的ではない。

【0038】更に、本実施形態では、コイルの両端が毎回同じ位置にくるように、検出器の外側遮蔽体44に、図4に示す如く、チューブが通過する程度の小さいスリット44Aを入れ、放射性液体が含まれない成形チューブの入口と出口の位置が常に同じ位置に来るようにしている。これにより、成形チューブ10の検出器内でのふらつきが防止され、正確な測定が可能となる。更に、成形チューブの長さを最短として、外部機構と最短距離で接することが可能になる。なお、位置決め手段は、スリットに限定されない。

【0039】例えば出願人が特開2000-350783で提案したような放射性薬剤自動与装置の場合、放射性薬剤を自動的に検出器内のチューブに導入する機構を有している。従って、コントローラにより、移送する放射性液体の移送速度と移送時間を設定することによって、毎回、成形チューブ10内の同じ位置に放射性液体を留めることが可能となり、放射性液体の存在場所による繰り返し誤差を減少させることが可能となる。

【0040】本実施形態においては、放射線センサ20を成形チューブ10の内側に配置しているため、遮蔽体の小型化が可能である。又、測定対象が検出部を取り巻いているため、環境放射線等のノイズの影響を受け難

い。

【0041】特に、特開2000-350783で提案した装置に使用して放射線の測定を行う場合には、検出器が小型軽量であるため、簡便に装置に搭載することができる。

【0042】本実施形態の放射線センサ20を、出願人が特開2000-350783で提案した放射性薬剤自動投与装置に配置した例を図7に示す。図において、50は、生理食塩水（又は注射用蒸留水）が入れられた生食用バック、54は、該生食用バック50から希釈用の生理食塩水等を抽出するための、減菌され、先端に注射針52が設けられたエクステンションチューブ（単にチューブと称する）、56は、三方活栓付バルブ（以下単に三方活栓と称する）58を介して前記チューブ54内の生理食塩水等をチューブ60内に注入するための、例えばパルスモータによるシリンジ駆動装置（図示省略）を備えた押込み用のディスポーザブルシリンジ（以下、単にシリンジと称する）、62は、前記チューブ60を介して前記三方活栓58と接続されたチューブ66内に放射性薬剤（検液8）を注入するための薬液用シリンジ、63は、該シリンジ62を外側から遮蔽するための、例えばタングステン製の放射線遮蔽、70は、前記放射線センサ20によって放射能量が測定された後の薬剤を、患者に注入するか廃棄するか切換えるための三方活栓、72は、該三方活栓70で分岐された薬剤を、患者毎に交換可能なイベントフィルタ74及び翼付針76を介して患者の体内に注入するためのチューブ、80は、該チューブ72を通過する薬剤の放射線を検出して、薬剤の排出を感知するための放射線通過センサ、84は、前記三方活栓により切換えられ、チューブ82により供給される廃液を収容するための廃液用ボトル、86は、主要部を外側から遮蔽するための、例えば鉛製の放射線遮蔽である。

【0043】この装置に搭載した場合の、具体的な操作は、次のとおりである。

【0044】(1) 予め決められた方法によって、成形チューブ10を、放射線センサ20を含めた所定の位置にセットする。

【0045】(2) 所定のシリンジ62に放射性薬剤をとり、所定の位置に設定する。

【0046】(3) 別のシリンジ56で、放射性薬剤の全量を、成形チューブ10の所定の位置に送り込む。

【0047】(4) 放射線センサ20により、成形チューブ10内の薬剤の放射線量を測定する。測定は、一定時間γ線を計測し、計測量を予め放射能が既知の溶液で作成された検量線と比較し、正確な放射線量を表示する。

【0048】(5) 被験者にチューブ72先端の翼付針76を挿入して、薬剤の全量を自動的に被験者に投与する。

【0049】(6)(1)に戻り、成形チューブ10を交換して、同様の動作を行う。

【0050】本実施形態においては、成形チューブ10の形状がコイル状とされているので、その内側に放射線センサ20の放射線検出部22を配置することによって、放射線センサを特に小型化できる。

【0051】なお、成形チューブ10の形状はコイル状に限定されず、図8(縦断面図)及び図9(側面図)に示す第2実施形態のように、渦巻状の成形チューブ11として、その片側又は両側(図では片側)に、平板状のプラスチックシンチレータ26'と、先端側が渦巻状チューブ11の外径、光電子増倍管32側が、そのシンチレータサイズに合わせた漏斗形状の導光体28'を組み合わせて用いることも可能である。図9において、成形チューブ11内の網かけ部は、測定時に放射性液体が入る部分、同じく空白部は水(食塩水)が入る部分を示す。

【0052】更に、計数検出効率が高く、光電子増倍管32のシンチレータサイズが成形チューブに対して十分な大きさがあれば、図10に示す第3実施形態のように、導光体を省略することもでき、小型化可能である。

【0053】あるいは、図11(縦断面図)及び図12(側面図)に示す第4実施形態のように、つづら折状の成形チューブ12を用いることも可能である。図12において、成形チューブ12内の網かけ部は、測定時に放射性液体が入る部分、同じく空白部は水(食塩水)が入る部分を示す。

【0054】あるいは、図13に示す第5実施形態のように、成形チューブ13自体をコーン状とし、プラスチックシンチレータ26'及び導光体28'を、これに合せたコーン形状とすることも可能である。

【0055】本実施形態によれば、プラスチックシンチレータ26'で発生した蛍光を、非常に効率良く、光電子増倍管32に取込むことができる。

【0056】なお、前記実施形態においては、プラスチックシンチレータが用いられていたが、シンチレータの種類はこれに限定されず、用途に応じて、NaI等の結晶シンチレータを用いることも可能である。

【0057】又、前記説明においては、投与装置に適用する際に、ポジトロン核種で説明していたが、エネルギーの異なるシングルフォトン核種においても、検出するエ

ネルギーを変更することによって、簡便に本発明を適用できる。又、投与装置は自動である必要はなく、更に投与装置である必要もない。チューブに含まれる放射線量を正確に測定し、作業者の被曝を防ぎながら、その全量を次工程に移動することを目的とする装置一般に適用可能である。

## 【0058】

【発明の効果】本発明によれば、チューブを交換する度に放射線を測定する繰り返し測定の精度を保った状態で、検出器の小型化、軽量化が可能となる。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る放射線検出器の第1実施形態で、成形チューブが測定位置にある時の斜視図

【図2】同じく装置に取り付けた状態の縦断面図

【図3】同じく側面図

【図4】同じく斜視図

【図5】同じく放射線センサの要部構成を示す縦断面図

【図6】同じく検出原理を説明するための概念図

【図7】第1実施形態が搭載された放射性薬剤自動投与装置の全体構成を示すブロック図

【図8】本発明の第2実施形態を示す縦断面図

【図9】同じく側面図

【図10】本発明の第3実施形態を示す斜視図

【図11】本発明の第4実施形態を示す縦断面図

【図12】同じく側面図

【図13】本発明の第5実施形態を示す縦断面図

## 【符号の説明】

10…成形チューブ

12…取付筐体

20…放射線センサ

22…放射線検出部

24…遮光ケース

26、26'、26''…プラスチックシンチレータ

28、28'、28''…導光体

30…アンプ部

32…光電子増倍管

32A…シンチレータ面

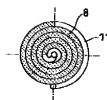
34…信号アンプ・高圧電源

38…センサケース

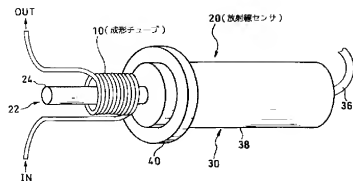
42、44…遮蔽体

44A…スリット

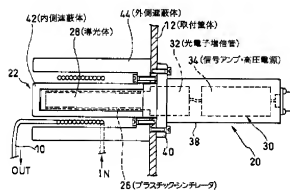
【図9】



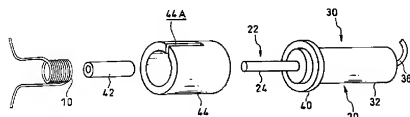
【図 1】



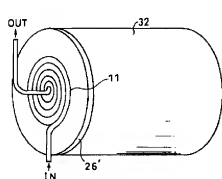
【図 2】



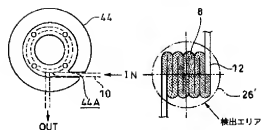
【図 4】



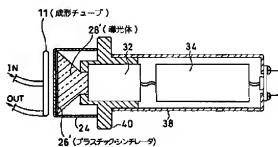
【図 10】



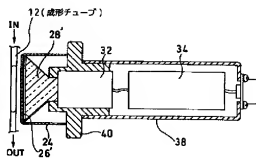
【図 3】



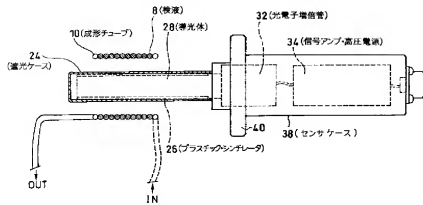
【図 8】



【図 11】

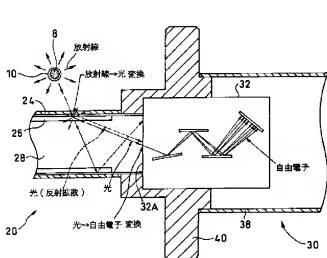


【図5】

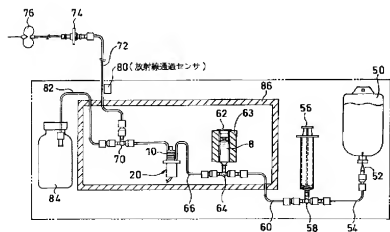
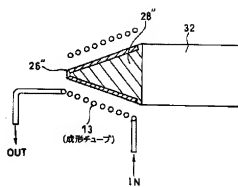


【図6】

【図13】



【図7】



(72)発明者 佐々木 基仁  
東京都品川区北品川五丁目9番11号 住友  
重機械工業株式会社内

(72)発明者 叶井 徹  
神奈川県小田原市前川66番地4号 株式会  
社ユニバーサル技研内

(72)発明者 神主 英弘  
神奈川県小田原市前川66番地4号 株式会  
社ユニバーサル技研内

Fターム(参考) 2G088 EE25 FF04 GG18 JJ09 JJ29  
4C066 AA09 BB01 CC01 DD08 EE14  
FF04 GG06 GG08 GG11 GG20  
HH12 JJ02 JJ10 KK09 LL07  
LL19 QQ15 QQ41  
4C082 AA05 AC03 AC05 AE05 AG04  
AP02 AR01 AR12